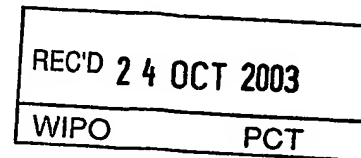


BUNDE REPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 46 747.1

Anmeldetag: 07. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: WAGNER Alarm- und Sicherungssysteme GmbH,
Langenhagen, Han/DE

Bezeichnung: Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen
sowie Verfahren zum Betrieb einer solchen
Vorrichtung

IPC: G 01 P, G 05 D, G 01 N

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 25. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

WAGNER

Alarm- und Sicherungssysteme GmbH

Schleswigstraße 5

30853 Langenhagen

07. Oktober 2002

R/WAS-081-DE

RU/RU/TR

Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen sowie
Verfahren zum Betrieb einer solchen Vorrichtung

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen, insbesondere der Temperatur, der Strömungsgeschwindigkeit und dessen Änderung, in einem zu überwachenden Fluidstrom, insbesondere in Rauch- und Gasansaugmeldern, mit einem thermoelektrischen und im Konstant-Temperatur-Modus betriebenen Luftstromsensor, einem thermoelektrischen Temperatursensor und einem Regelkreis zum Einstellen einer Übertemperatur ΔT am Luftstromsensor, sowie ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Vorrichtung, ein entsprechendes Arbeitsverfahren und eine mit einer solchen Vorrichtung ausgerüsteten Branderkennungs- oder Sauerstoffmessvorrichtung.

Als Vorrichtungen zur Bestimmung von Strömungsgrößen der eingangs genannten Art sowie entsprechende Verfahren zum Betrieb solcher Vorrichtungen sind insbesondere aus der Hitzdrahtanemometrie bekannt. Dabei wird ein erhitzter Draht in ein strömendes Fluid gebracht; anhand der vom Fluid abgeführten Wärmemenge sind Aussagen über verschiedene Strömungsgrößen zu gewinnen.

Bei der Hitzdrahtanemometrie gibt es zwei grundsätzliche Betriebsarten: Der Konstant-Strom-Betrieb und der Konstant-Temperatur-Betrieb, welcher in den meisten Fällen zur Anwendung kommt, da hierbei unter anderem die thermische Trägheit des

Hitzdrahtes (Sonde) umgangen und somit eine höhere Genauigkeit der Sonde erreicht wird.

Die grundlegende Idee der Konstant-Temperatur-Betriebsweise besteht darin, den Einfluss der thermischen Trägheit der Sonde dadurch zu verringern, dass der Hitzdraht auf stets konstanter Temperatur (Widerstand) gehalten und den hierzu benötigten Heizstrom als Maß für die Strömungsgeschwindigkeit des Fluides benutzt wird. Hierzu wird in der Regel eine Wheatstonesche Brückenschaltung benutzt, wodurch der Widerstand und somit die Temperatur des Hitzdrahtes durch Rückkopplung stets einen konstanten Wert hält. Im thermischen Gleichgewicht muss der Wärmeverlust der Sonde gleich der zugeführten elektrischen Leistung sein. Aus dem Gesichtspunkt der Anemometrie interessiert in erster Linie die Beziehung zwischen der Fluidgeschwindigkeit und der elektrischen Leistung. Dieser Zusammenhang ist äußerst komplex, nicht linear und nur mittels eines empirischen und entsprechend den gegebenen Umständen jeweils zu modifizierenden Gesetzes (King) zu beschreiben. Bei der Auswertung wird deshalb der Einsatz eines Linearesators notwendig.

Fig. 1 zeigt das Prinzipschaltbild eines Konstant-Temperatur-Anemometers. Im Gleichgewichtszustand liegt an der senkrechten Diagonalen C-D der Brücke eine bestimmte Spannung, die von einem Servo-Verstärker 15 geliefert wird. Verändert sich die konvektive Kühlung an der Sonde 18 so wird an der waagerechten Diagonale A-B eine kleine Spannung entstehen, welche - vielfach verstärkt - auf die senkrechte Diagonale C-D der Brücke zurückgekoppelt wird. Dabei ist die Polarität dieser rückgekoppelten Spannung so gewählt, dass sich die Brücke selbständig abgleicht.

Neben des komplexen Zusammenhanges zwischen der Fluidgeschwindigkeit und der als Messgröße erfassten elektrischen Leistung liegt ein weiteres Problem darin, dass die Sonde auf jegliche

Änderung der Wärmeabfuhr anspricht, die zum Beispiel auch durch Änderung der Temperatur oder des Druckes des Strömungsmediums verursacht sein kann. Problematisch ist dies besonders dann, wenn das Verfahren kontinuierlich eingesetzt wird, um anhand von Veränderung der gemessenen Strömungsparameter auf beispielsweise den Zustand des Rohrleitungssystems, in dem das Fluid strömt, zuverlässig Rückschlüsse treffen zu können.

Insbesondere zur Luftstromüberwachung in Ansaugrohrsystemen bei aspirativen Branderkennungs- oder Sauerstoffmessvorrichtung ist es wichtig, dass zuverlässig eine Verstopfungen oder ein Rohrbruch im Ansaugrohrsystem erfasst wird, um einen fehlerfreien Betrieb der Branderkennungs- oder Sauerstoffmessvorrichtung garantieren zu können. Hierbei wird unter einer aspirativen Branderkennungsvorrichtung eine Vorrichtung verstanden, die aus einem zu überwachenden Raum über ein Rohrleitungs- oder Kanalsystem an einer Vielzahl von Stellen eine repräsentative Teilmenge der Raumluft aktiv ansaugt und diese Teilmengen dann einem Detektor zum Erfassen einer Brandkenngröße oder zum Erfassen von Gasen in der Luft, insbesondere Sauerstoff, zuleitet.

Ein aspiratives Branderkennungssystem besteht im wesentlichen aus einem Ansaugrohrsystem mit einzelnen kleinen Ansaugöffnungen, einem Ventilator, der über die Ansaugöffnungen des Ansaugrohrsystems eine Luftprobe aus dem Zielraum saugt, sowie einem Detektor, in dem anschließend Brandkenngrößen in der angesaugten Luftprobe bestimmt werden. Da eine aspirative Branderkennungsvorrichtung Luftproben aus dem Zielraum und damit eventuell vorhandene Brandkenngrößen aktiv ansaugt, reagieren derartige Vorrichtungen auf entstehende Brände viel schneller und sensibler als herkömmliche Lösungen. Damit ist eine bestmögliche Interventionsmöglichkeit gegeben.

Unter dem Begriff Brandkenngröße werden physikalische Größen verstanden, die in der Umgebung eines Entstehungsbrandes messbaren Veränderungen unterliegen, z.B. die Umgebungstemperatur, der Feststoff- oder Flüssigkeits- oder Gasanteil in der Umge-

5 bungsluft (Bildung von Rauch in Form von Partikeln oder Eros-
olen oder Dampf) oder die Umgebungsstrahlung. Eine aspirative
Branderkennungsvorrichtung wird insbesondere überall dort ein-
gesetzt, wo schon geringste und kaum wahrnehmbare Brandkenngrö-
ßen detektiert werden sollen und dienen insbesondere zur Ob-
jekt- oder Raumüberwachung, beispielsweise von EDV-Anlagen oder
Serverräumen.

10 In geschlossenen Räumen, deren Einrichtungen sensibel auf Was-
sereinwirkung-reagieren, wie etwa EDV-Bereiche, elektrische
Schalt- und Verteilerräume oder Lagerbereiche mit hochwertigen
Wirtschaftsgütern, werden in zunehmendem Maße zur Minderung des
Risikos und zum Löschen von Bränden sogenannte Inertisie-
15 rungsverfahren eingesetzt. Die bei diesen Verfahren resultie-
rende Löschwirkung beruht auf dem Prinzip der Sauerstoffver-
drängung. Normale Umgebungsluft setzt sich bekanntlich zu 21
Vol.-% aus Sauerstoff, 78 Vol.-% aus Stickstoff und 1 Vol.-%
aus sonstigen Gasen zusammen. Zum Löschen und Vermeiden von
Bränden wird durch Einleiten eines sauerstoffverdrängenden
20 Inertgases, wie etwa reiner Stickstoff, die Inertgaskonzentra-
tion in dem betreffenden Raum erhöht und der Sauerstoffanteil
verringert. Viele Stoffe brennen nicht mehr, wenn der Sauer-
stoffanteil unter 15 - 18 Vol.-% absinkt. Abhängig von den in
dem betreffenden Raum vorhandenen brennbaren Materialien kann
25 ein weiteres Absinken des Sauerstoffanteils auf beispielsweise
12 Vol.-% erforderlich sein.

30 Eine derartige Inertgasvorrichtung zur Durchführung des genann-
ten Inertisierungsverfahrens weist im wesentlichen folgende
Bauteile auf: Eine Sauerstoffmessvorrichtung zum Messen des
Sauerstoffgehaltes in dem zu überwachenden Zielraum; eine
Branderkennungsvorrichtung zum Detektieren einer Brandkenngröße
in der Raumluft des Zielraumes; eine Steuerung zur Auswertung
der Daten der Sauerstoffmessvorrichtung und des Brandkenngrö-
35 ßendetektors und zur Ablaufsteuerung des Inertisierungsverfah-

rens; und eine Anlage zur Produktion und zum plötzlichen Einleiten von Inertgas in den Zielraum.

Die Sauerstoffmessvorrichtung dient dazu, das Grundinertisierungsniveau im Zielraum einzustellen. Wenn ein Schwellwert der Sauerstoffkonzentration überschritten ist - beispielsweise aufgrund einer Leckage im Zielraum - gibt die Steuerung einen Befehl an eine spezielle Anlage zum Einleiten von Inertgas in den Raum, so dass der Sauerstoffanteil reduziert wird. Die Sauerstoffmessvorrichtung signalisiert, wenn der Schwellwert des Grundinertisierungsniveaus wieder erreicht ist. Die Lage des Grundinertisierungsniveaus ist dabei abhängig von Eigenschaften des Raumes.

In einer bevorzugten Anwendung wird ein aspiratives Branderkennungssystem mit einer Inertgasvorrichtung zur Brandvermeidung und/oder -löschung kombiniert. Dabei sind die Sauerstoffmessvorrichtung und die Branderkennungsvorrichtung der Inertgasvorrichtung in dem aspirativen Branderkennungssystem integriert. Diese übernimmt dann die Aufgabe, der Steuerung die zur Überwachung des Zielraumes erforderlichen Daten aus der angesaugten Luftprobe bereitzustellen.

Um die einwandfreie und möglichst wartungsfreie Funktionsweise einer aspirativen Vorrichtung garantieren zu können, ist es erforderlich, den Volumenstrom der dem Detektor zugeführten Luftprobe kontinuierlich zu überwachen. Der Volumenstrom ist jedoch von dem Massenstrom und der Dichte der zugefügten Luftprobe abhängig, welche wiederum eine Funktion des Luftdruckes und der Temperatur ist. Von daher erweist sich eine Überwachung des Volumenstromes als eine messtechnisch komplizierte Aufgabe. Um ferner Verstopfungen oder Beschädigungen des Ansaugrohrsystems bzw. der Ansaugöffnungen zuverlässig nachweisen zu können, ist bezüglich der Volumenstromüberwachung eine hohe Messgenauigkeit gefordert. Dies schließt unter anderem auch eine Kompensation

des Einflusses der Luftdichte bzw. des Luftdruckes bei der zur Volumenstromüberwachung eingesetzten Messtechnik ein.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Problemstellung zugrunde, dass zur Überwachung des Volumenstromes in Ansaugrohrsystemen von aspirativen Branderkennungsvorrichtungen die bisher eingesetzten Messtechniken mit zu großen Unsicherheiten behaftet sind bzw. nur den Volumenstrom und nicht den Strömungswiderstand betrachten, um zuverlässige Aussagen über den Zustand des Ansaugrohrsystems treffen zu können. Die Unsicherheiten sind unter anderem damit begründet, dass die eingesetzten Sensoren abhängig von der Temperatur des Fluidstromes und von dem Luftdruck bzw. der Dichte des Fluides sind und von daher für einen kontinuierlichen und abgleichfreien Einsatz ungeeignet sind. Die zuverlässige Überwachung des Volumenstromes in Ansaugrohrsystemen erfordert zusätzlich eine möglichst genaue Auswertung der Messdaten.

Ferner ist es bei der aus dem Stand der Technik bekannten Lösung problematisch, dass nur langanhaltende Volumenstromänderungen in Ansaugrohrsystemen zu bewerten sind. Dabei ist es üblich, diese Änderungen mit Schwellenwerten zu vergleichen, wobei bei einem Überschreiten des Schwellenwertes eine Luftstromstörung gemeldet wird. Um Störungsmeldungen durch Umwelteinfluss (Luftdruck, Temperatur) zu vermeiden, werden jedoch relativ große Schwellenwerte gewählt. Lange Rohre haben aber einen hohen Strömungswiderstand, so dass ein Rohrbruch gegen Ende des Rohres nur eine kleine Luftstromänderung zur Folge hat. Diese relativ geringe Luftstromänderung ist in der Regel mit den aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen und Verfahren nicht erfassbar.

Aufgrund der geschilderten Problemstellung liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine der eingangs genannten Art, insbesondere in Rauch- und Gasansaugmeldern, zur Anwendung

5 kommende Vorrichtung zur Luftstromüberwachung derart weiterzubilden, dass eine kontinuierliche und wartungsfreie Erfassung von Strömungsparametern möglich ist, die hinreichend genau sind, um zuverlässig Aussagen über den Zustand des Ansaugrohrsystems treffen zu können, sowie ein entsprechendes Verfahren zum Betrieb einer solchen Vorrichtung und ein entsprechendes Arbeitsverfahren anzugeben.

10 Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch eine in einem Mikroprozessor implementierten Regelalgorithmus gelöst, der in dem Regelkreis der Vorrichtung enthalten ist, und über den die Übertemperatur ΔT am Luftstromsensor konstant gehalten wird.

15 Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, dass der Regelkreis einen in einem Mikroprozessor implementierten Regelalgorithmus enthält, über den die Übertemperatur ΔT am Luftstromsensor konstant gehalten wird. Dadurch wird der Luftstromsensor exakt in seinem Arbeitspunkt bzw. Arbeitstemperatur
20 eingestellt, die unabhängig von Schwankungen bzw. Änderungen der Fluidtemperatur ist. Dadurch entspricht die dem thermoelektrischen Luftstromsensor abgeführte Wärmemenge tatsächlich nur der vom Fluid abgeführten Wärmemenge. Der durch den Luftstromsensor fließende elektrische Strom bzw. die vom Luftstromsensor abgeführte elektrische Leistung stellt in dieser Ausführungsform in vorteilhafterweise tatsächlich das nur das
25 Maß für die zu messende Strömungsgröße (Geschwindigkeit, Massenfluss, etc.) dar und unterliegt nicht den aufgrund von Schwankungen der Fluidtemperatur aufgeprägten Unsicherheiten.

30 Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird des weiteren durch ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Vorrichtung gelöst, bei dem der Luftstromsensor kurzzeitig auf einen Temperaturspitzenwert erhöht wird.

Das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende technische Problem wird ferner durch ein Verfahren zur Bestimmung von Strömungsgrößen, insbesondere der Temperatur T , der Strömungsgeschwindigkeit U und deren Änderung ΔU , in einem zu überwachenden Fluidstrom, insbesondere in Rauch- und Gasansaugmeldern erfindungsgemäß durch folgende Verfahrensschritte gelöst: Die Fluidtemperatur T wird mittels eines thermoelektrischen Temperatursensors bestimmt; die an einem thermoelektrischen und im Konstant-Temperatur-Modus betriebenen Luftstromsensor eingestellte Übertemperatur ΔT wird in Abhängigkeit der Fluidtemperatur T auf einen konstanten Wert geregelt; die von dem thermoelektrischen Luftstromsensor abgeführte Wärmemenge wird bestimmt; und anhand der abgeführten Wärmemenge wird mittels eines in einem Mikroprozessor implementierten Auswertalgorithmus Strömungsgrößen berechnet, insbesondere die Temperatur, die Strömungsgeschwindigkeit, den Strömungswiderstand und dessen Änderung.

Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, dass ein sehr effektives Verfahren zur Bestimmung von Strömungsgrößen, insbesondere in Rauch- und Gasansaugmeldern, zur Optimierung der Luftstromüberwachung in dem Rohrleitungssystem erzielbar ist. Insbesondere dadurch, dass die Übertemperatur ΔT am thermoelektrischen Luftstromsensor unabhängig von der Fluidtemperatur T einen konstanten Wert annimmt, kann erreicht werden, dass der thermoelektrische Luftstromsensor exakt in seinem zuvor bestimmten Arbeitspunkt bzw. Arbeitstemperatur eingesetzt wird und somit die abgeführte elektrische Leistung tatsächlich nur von dem Fluidstrom abhängt. Der Messfehler ist aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens deutlich reduziert. Bei dem erfindungsgemäßen thermoelektrischen Luftstromsensor ist die von dem erhitzten Sensor durch den Fluidstrom abgeführte Wärmemenge Q das Maß für die zu bestimmenden Strömungsgrößen. Da hier die

Übertemperatur ΔT des Sensors einen konstanten Wert annimmt, ist die abgeführte Wärmemenge Q identisch der dem Sensor zugeführten Heizleistung N . Die Heizleistung N ist von dem Heizstrom I gemäß der folgenden Gleichung (1) abhängig:

5

$$N = I^2 \cdot R \quad (1)$$

Hierbei bezeichnet R den Innenwiderstand des Sensors, der aufgrund der konstanten Temperatur des Sensors in vorteilhafter Weise einen konstanten Wert annimmt. Die von dem Sensor abgeführte Wärmemenge Q kann dann durch Gleichung (2) wie folgt beschrieben werden:

10

$$Q = [A + B \cdot (\rho \cdot U)^{1/n}] \cdot (\Delta T - T) \quad (2)$$

15

Hierbei sind A , B und n sensorspezifische Konstanten, die vor Inbetriebnahme des Sensors experimentell, d.h. mittels einer Eichung, bestimmt werden, und ρ repräsentiert die Fluidichte. Aus den Gleichungen (1) und (2) folgt, dass über den Heizstrom I die Geschwindigkeit U , der Massenfluss $(\rho \cdot U)$ und die Temperatur T der Fluidströmung ermittelt werden kann. Ferner ist denkbar, basierend auf diesen Messwerten, die Änderung des Strömungswiderstandes in dem Rohrleitungssystem zu erfassen. Hierzu wäre es erforderlich, die aktuellen Messwerte mit Anfangsmesswerten, die beispielsweise bei Inbetriebnahme des Systems aufgenommen und gespeichert wurden, zu vergleichen. Ferner eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren zur Erkennung von Änderungen des Strömungswiderstandes in dem Ansaugrohrsystem. Dafür wird neben einer genauen Volumenstrommessung auch eine

Kompensation des Einflusses der Luft- bzw. Fluidichte ρ , um zuverlässig den Strömungswiderstand beurteilen zu können. Anhand von gespeicherten Anfangswerten der Luftstrom- und Temperatursensoren sowie der aktuellen Temperatur und gegebenenfalls des aktuellen absoluten Luftdruckes wird ein Korrekturfaktor

30

aus einer hierfür angelegten Tabelle ermittelt. Diese Tabelle ist erforderlich, weil verschiedene Ansaugrohrsysteme und verschiedene Ansaugleistungen des Lüfters unterschiedliche Korrekturfaktoren erfordern. Denkbar wäre, den aktuellen absoluten Luftdruck beispielsweise über einen separat ausgeführten Sensor zur Luftdruckmessung aufzunehmen. Selbstverständlich sind hier aber auch andere Ausführungsformen denkbar.

Schließlich wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe auch durch eine aspirative Branderkennungsvorrichtung gelöst, die einem zu überwachenden Raum oder Gerät ständig Raum- oder Gerätekühlluftproben entnimmt und über ein Rohrleitungssystem einem Detektor zum Erkennen einer Brandkenngroße zuführt, und die mit einer vorstehend beschriebenen Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen ausgerüstet ist.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird eine Möglichkeit zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens angegeben.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind bezüglich der Bestimmungsvorrichtung in den Unteransprüchen 2 bis 5, bezüglich des Betriebsverfahrens im Unteranspruch 7, bezüglich des Bestimmungsverfahrens in den Unteransprüchen 9 und 10, und bezüglich der aspirativen Branderkennungs- und/oder Sauerstoffmessvorrichtung in den Unteransprüchen 12 und 13 angegeben.

So ist für die Vorrichtung vorgesehen, dass der Mikroprozessor ferner einen Auswertealgorithmus zum Berechnen von Strömungsgrößen anhand der elektrischen Heizleistung P des Luftstromsensors umfasst, insbesondere zum Berechnen des Massenflusses N , der Strömungsgeschwindigkeit U und der Temperatur T des Fluidstromes. Der Vorteil dieser erfindungsgemäßen Ausführungsform liegt darin, dass in dem im Mikroprozessor implementierten Regelalgorithmus der Sollwiderstand des thermoelektrischen Luftstromsensors nach exakter Sensorkennlinie berechnet und ein ge-

nauer Regelkreis (z.B. PI-Regler) gebildet werden kann. Die Spannung am thermoelektrischen Temperatursensor kann dabei beispielsweise mit einem AD-Wandler gemessen und anschließend gefiltert werden, um Rauschen und andere Störungen zu eliminieren. Anhand der gemessenen Spannung wird die Temperatur des Fluidstromes T_0 errechnet. Die gewünschte konstante Übertemperatur ΔT (beispielsweise 40°C) wird zur Fluidtemperatur T_0 addiert. Das Ergebnis ist die Solltemperatur T_{soll} des thermoelektrischen Luftstromsensors. Daraus wird im Auswertealgorithmus des Mikroprozessors nach der exakten Sensorkennlinie der Sollwiderstand des Luftstromsensors ermittelt. Der Regler regelt die Spannung am Hitzdraht des Luftstromsensors, um den Istwert des Widerstandes des Luftstromsensors auf den Sollwert einzustellen. Hierdurch wird erfindungsgemäß die Übertemperatur ΔT konstant gehalten. Die elektrische Spannung und der elektrische Strom am bzw. durch den thermoelektrischen Luftstromsensor werden mittels eines AD-Wandlers gemessen und anschließend gefiltert. Daraus wird die elektrische Leistung P errechnet, welche gleichzeitig ein Maß für den Luftstrom darstellt.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass der Auswertealgorithmus das Erkennen von kleinen sprunghaften Strömungsänderungen, insbesondere Volumenstromänderungen, des Fluidstromes einschließt. Hierzu wird neben der genauen Volumenstrommessung auch eine Kompensation des Einflusses der Luftdichte durchgeführt, um derart den Strömungswiderstand beurteilen zu können. Anhand gespeicherter Anfangswerte der Luftstrom- und Temperatursensoren sowie der aktuellen Temperatur und gegebenenfalls des aktuellen Luftdrucks können somit auch kleine sprunghafte Änderungen der Luftströmung nachgewiesen werden. Grundgedanke hierbei ist, dass Änderungen aufgrund störender Umwelteinflüsse (Luftdruck, Temperatur) in der Regel langsamer ablaufen als ein Rohrbruch. Die Auswertung von kleinen sprunghaften Änderungen

ermöglicht somit auch die Erkennung von plötzlichen Verstopfungen einer einzigen Ansaugöffnung, was beispielsweise bei Vandalismus auftritt oder wenn ein Karton in einem Hochregal vor einer Ansaugöffnung gestellt wird.

5

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Auswertalgorithmus die Kompensation einer temperatur- und/oder druckabhängigen Dichteänderung des Fluidstromes einschließt. Der Vorteil dieser Ausführungsform liegt insbesondere darin, dass durch die Berücksichtigung der temperatur- bzw. druckabhängigen Dichteänderung des Fluidstromes die von dem Fluidstrom abgeführte elektrische Leistung unabhängig von Schwankungen der Dichteänderung des Fluidstromes ist. Dadurch wird die Genauigkeit der mittels der vorliegenden Erfindung bestimmten Strömungsgrößen, insbesondere der Strömungswiderstand, deutlich verbessert.

10

15

20

25

30

Eine mögliche Realisierung der erfindungsgemäßen Bestimmungsvorrichtung sieht vor, dass der Mikroprozessor einen Speicher zum Speichern von Anfangswerten der Strömungsgrößen enthält. Der Vorteil dieser Ausführungsform liegt darin, dass im Auswertalgorithmus nicht nur Strömungsgrößen mit einer hohen Genauigkeit berechnet werden können, sondern auch längerfristige Zustandsänderungen der Strömungsgrößen nachgewiesen werden können. Da die Berechnung des Gradienten der Strömungsgrößen auf den genauen Luftstromwerten basieren, ist in dieser Ausführungsform vorteilhafterweise die Messung der Veränderungen im Rohrsystem eines Rauch- und Gasansaugemelders beispielsweise möglich. Derartige Veränderungen können etwa durch langsame oder plötzliche Verstopfung, Risse oder Bruch auftreten. Da durch die Erfindung die Übertemperatur ΔT am Luftstromsensor konstant gehalten wird, unterliegt dem Gradienten der Luftstromgrößen keine temperatur- oder andersartig bedingte Ver-

schiebung. Ebenfalls entfällt vorteilhafterweise ein wiederholt durchzuführendes Abgleichen des Luftstromsensors.

5 In einer möglichen Realisierung ist der Luftstromsensor vorteilhafterweise so ausgelegt, dass dieser kurzzeitig auf einen Temperaturspitzenwert erhöht werden kann. Dieses hat insbesondere den Vorteil, dass der Luftstromsensor hierdurch durch seine besonders hohe Langlebigkeit ausgezeichnet ist.

10 Für den Betrieb einer solchen Bestimmungsvorrichtung ist der Luftstromsensor vorzugsweise so ausgelegt, dass dieser kurzzeitig auf einen Temperaturspitzenwert von bis zu 500°C erhöht werden kann. Dadurch wird der Luftstromsensor durch den kurzzeitigen Betrieb bei stark erhöhter Temperatur von angelagerten Verunreinigungen besonders effektiv befreit. Die ganze Heizleistung wird dabei verwendet um die am Luftstromsensor haftenden Schmutzpartikel zu verbrennen bzw. zu lösen. Während dieser Zeit wird vorteilhafterweise der Lüfter der aspirativen Brand-
15 erkennungsvorrichtung abgeschaltet, um jegliche Abkühlung am Luftstromsensor zu vermeiden. Mit dieser Reinigung wird dafür
20 gesorgt, dass an dem Luftstromsensor auch im kontinuierlichem Einsatz sich keine Schmutzpartikel an- bzw. ablagern, so dass die Empfindlichkeit des Sensors stets unverändert ist.

25 Eine mögliche Realisierung der Erfindung besteht darin, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen in einer aspirativen Branderkennungs- und/oder Sauerstoffmessvorrichtung, die einen zu überwachenden Raum oder Gerät ständig Raum- oder Gerätekühlluftproben entnimmt und über
30 ein Rohrleitungssystem einem Detektor zum Erkennen einer Brandkenngröße zuführt, integriert ist. Der Vorteil dieser Ausführungsform liegt insbesondere darin, dass der Luftstrom in dem Rohrsystem genau überwacht werden kann und auch Veränderungen im Rohrsystem, die etwa durch langsame oder plötzliche Verstopfung, Risse oder Bruch auftreten mögen, zuverlässig nachgewie-
35

sen werden können. Hierdurch ist die aspirative Branderkennungs- und/oder Sauerstoffmessvorrichtung besonders zuverlässig und wartungsfrei einsetzbar.

5 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Luftstromsensor bzw. der Temperatursensor der erfindungsgemäßen Vorrichtung insbesondere mittig im Lufteintrittskanal eines Detektors für Brandkenngrößen einer aspirativen Branderkennungs- und/oder Sauerstoffmessvorrichtung integriert
10 ist. Der Vorteil dieser Ausführungsform liegt darin, dass hierdurch sämtliche elektrischen Komponenten des aspirativen Branderkennungsvorrichtung in einer Einheit zusammengefasst sind. Dadurch ist der Aufbau einer derartigen Branderkennungs- und/oder Sauerstoffmessvorrichtung besonders übersichtlich und
15 einfach durchzuführen.

Schließlich ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Luftstromsensor an einer im Querschnitt verengten Position im Lufteintrittskanal des Detektors der erfindungsgemäßen aspirativen
20 Branderkennungs- und/oder Sauerstoffmessvorrichtung angeordnet ist. Durch diese Anordnung befindet sich der Luftstromsensor in einer Position, in der aufgrund der Querschnittsverengung die Strömungsgeschwindigkeit erhöht ist. Dadurch wird die Dynamik des Luftstromsensors ebenfalls erhöht. Damit können bereits äußerst geringe Änderung der Strömungsparameter erfasst und aus-
25 gewertet werden. Hierdurch wird vorteilhafterweise die Sensibilität der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen erhöht. Gleichzeitig kann eine Optimierung der Überwachung von aspirativen Branderkennungs- und/oder Sauerstoffmessvorrichtungen erreicht werden. Selbstverständlich sind
30 aber hier auch andere Ausführungsformen denkbar.

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1: ein Prinzipschaltbild eines Konstant-Temperatur-Anemometers nach dem Stand der Technik;

Fig. 2: ein Blockdiagramm der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen gemäß eines bevorzugten Ausführungsbeispiels;

Fig. 3: eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen aspirativen Branderkennungs Vorrichtung;

Fig. 4a: einen Längsschnitt durch einen Detektor für Brandkenngrößen aus dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3; und

Fig. 4b: einen Querschnitt durch den Detektor für Brandkenngrößen aus dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3.

Fig. 1 zeigt ein Prinzipschaltbild eines Konstant-Temperatur-Anemometers nach dem Stand der Technik. Die grundlegende Idee der Konstant-Temperatur-Betriebsweise besteht darin, den Einfluss der thermischen Trägheit einer Hitzdrahtsonde 18 dadurch zu verringern, dass man das fühlende Element 18 auf stets konstanter Temperatur (Widerstand) hält, und den hierzu benötigten Heizstrom als Maß für die Strömungsgeschwindigkeit benutzt. Hierzu bedient man sich einer Wheatstoneschen-Brückenschaltung, wobei der Widerstand und damit die Temperatur des Hitzdrahtes 18 durch Rückkopplung konstant gehalten wird. Im Gleichgewichtszustand liegt an der senkrechten Diagonalen der Brücke C-D eine bestimmte Spannung, die vom Servo-Verstärker 15 gelie-

fert wird. Verändert sich die konvektive Kühlung an der Sonde 18, so wird an der waagerechten Diagonalen A-B eine kleine Spannung entstehen, welche - vielfach verstärkt - auf die senkrechte Diagonale C-D der Brücke zurückgekoppelt wird. Dabei ist die Polarität dieser zurückgekoppelten Spannung so gewählt, dass sich die Brücke selbständig abgleicht. Dabei ist der Zusammenhang zwischen der Strömungsgeschwindigkeit des Fluides und der Anemometerspannung nicht linear, so dass zur weiteren Auswertung der Einsatz eines Linearesators notwendig ist. Üblicherweise wird nach der Linearisierung eine direkte Eichkurve verwendet, um aus der Anemometerspannung die Strömungsgeschwindigkeit zu ermitteln. Im allgemeinen spricht die Sonde 18 in der in Fig. 1 dargestellten Schaltung auf jegliche Änderung der Wärmeabfuhr an. Dies kann beispielsweise auch durch Änderung der Temperatur oder des Druckes des Fluides verursacht sein. Zur Durchführung einer hoch präzisen Messung von Strömungsparameter müssen jedoch auch diese Größen berücksichtigt werden. Mit dem in Fig. 1 dargestellten Prinzipschaltbild des Konstant-Temperatur-Anemometers nach dem Stand der Technik wird ferner nicht die Schwankung der Fluidtemperatur im Bezug auf der eingestellten Übertemperatur an der Sonde 18 berücksichtigt. Zur Durchführung einer möglichst genauen Messung ist es sinnvoll, eine konstante Temperaturdifferenz bzw. Übertemperatur in der Sonde 18 einzustellen.

Fig. 2 zeigt ein Blockdiagramm der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen gemäß eines bevorzugten Ausführungsbeispiels. Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst einen thermoelektrischen und im Konstant-Temperatur-Modus betriebenen Luftstromsensor 1 sowie einen Temperatursensor 2. Beide Sensoren sind in der zu vermessenden Strömung eingelassen. Die Ansteuerung bzw. das Auslesen der Sensoren 1,2 erfolgt über einen Regelkreis 3. Dieser enthält einen in einem Mikroprozessor 4 implementierten Regelalgorithmus, über den die Übertemperatur ΔT am Luftstromsensor 1 konstant gehalten wird.

Somit ist es möglich, den Sollwiderstand des thermoelektrischen Luftstromsensors 1 nach exakter Sensorkennlinie zu berechnen und einen genauen Regelkreis zu bilden. Hierzu wird zunächst die Spannung U_0 am Temperatursensor 2 mit einem AD-Wandler 5 gemessen. Anschließend wird ein Filter 6 angewandt, um Rauschen und andere Störungen zu eliminieren. In einer Auswerteeinheit 7 wird daraus die Lufttemperatur T_0 errechnet. Die zuvor festgelegte konstante Übertemperatur ΔT wird im weiteren Schritt zur Lufttemperatur T_0 addiert. Das Ergebnis ist die Solltemperatur T_{soll} des thermoelektrischen Luftstromsensors 1. Nach der exakten Sensorkennlinie wird daraus im Mikroprozessor 4 der Sollwiderstand des Sensors 1 berechnet. Anschließend regelt der Regler 3 die Spannung am Luftstromsensor 1, um den Istwert des Widerstandes auf den zuvor berechneten Sollwert einzustellen. Dadurch wird die Übertemperatur ΔT am Luftstromsensor 1 konstant gehalten.

Bei der Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit wird die Spannung U_1 und der Strom I_1 am thermoelektrischen Luftstromsensor 1 mittels eines AD-Wandlers 5 gemessen und anschließend mit einem Filter 6 gefiltert. In einer weiteren Auswerteeinheit 7 wird daraus die elektrische Leistung P und der Istwert des Widerstandes des Luftstromsensors 1 errechnet. Die elektrische Leistung P , die benötigt wird, um die Übertemperatur ΔT konstant zu halten, ist ein Maß für den Luftstrom.

Durch das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen ist es möglich, den Strömungsparameter nahezu fehlerfrei zu messen, so dass auch Zustandsänderungen der Strömungsgrößen, insbesondere des Strömungswiderstandes, berechnet werden können. Hierzu werden Anfangswerte der Strömungsgrößen in einem im Mikroprozessor 4 integrierten Speicher (nicht explizit dargestellt) abgelegt. Die kontinuierliche Berechnung des Gradientens der

Strömungsgrößen erfolgt dann mit dem Auswertealgorithmus. Mittels dieser Ausführung ist es somit möglich Veränderungen im Fluidstrom, die beispielsweise durch langsame oder plötzliche Verstopfung, Risse oder Bruch des Strömungskanals auftreten, zu detektieren.

Bei einer Änderung der Dichte der Luft durch Temperatur- und/oder Luftdruckänderung ändert sich der erfasste Volumenstrom des Fluides ebenso, obwohl das Rohrsystem unverändert ist. Eine von daher notwendige Kompensation der Luftdichteänderung wird im Mikroprozessor 4 durchgeführt. Der Kompensationsfaktor wird anhand der Anfangswerte (Temperatur, Luftstrom) und der aktuellen Temperatur ermittelt. Optional wird ein absoluter Luftdrucksensor zur Messung des Luftdruckes (nicht explizit dargestellt) eingesetzt.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen aspirativen Branderkennungs- oder Sauerstoffmessvorrichtung. In einem Zielraum 12 ist ein Ansaugrohrsystem 13 zum Ansaugen von Luftproben über verschiedene Ansaugöffnungen angeordnet. Das Ansaugrohrsystem 13 ist mit einem Ansaugmelder ausgestattet, in dem die Luftproben aus dem Zielraum 12 einem Detektor 8 zur Erkennung von Brandkenngrößen bzw. zum Messen von Sauerstoff und anderen Gasen zugeführt werden. Ferner ist ein Lüfter 14 vorgesehen, welcher über die Auswerteeinheit 7 angesteuert werden kann, wenn in der aus dem Zielraum 12 angesaugten Luftprobe ermittelt wird, dass die Luft „verbraucht“ ist. Der Lüfter 14 könnte beispielsweise zur Luftreinigung oder zur Klimatisierung der Raumluft dienen. Um eine einwandfreie Funktionsweise der dargestellten aspirativen Branderkennungs- oder Sauerstoffmessvorrichtung gewährleisten zu können, ist es notwendig, den über das Ansaugrohrsystem 13 dem Detektor 8 zugeführten Luftstrom kontinuierlich zu überwachen und eine Störung beim Ansaugen rechtzeitig zu erkennen. Hierzu befindet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Be-

stimmung von Strömungsgrößen im Ansaugmelder der aspirativen Branderkennungs- oder Sauerstoffmessvorrichtung.

Fig. 4a und Fig. 4b stellen einen Längsschnitt bzw. Querschnitt durch den Detektor 8 für Brandkenngrößen bzw. für Gase aus dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 dar. Die Schnittlinie ist als gestrichelte Linie in Fig. 4a angedeutet. Bei dem dargestellten Detektor sind der thermoelektrische Luftstrom- bzw. Temperatursensor 1,2 in der Rauch- und/oder Gasmesszelle des Ansaugmelters integriert. Beide Sensoren 1,2 sind mittig im Lufteintrittskanal 9 positioniert. Auf der Höhe des Luftstromsensors 1 ist der Querschnitt verengt, um die Strömungsgeschwindigkeit zu erhöhen. Dadurch wird die Dynamik des Luftstromsensors 1 erhöht.

In einer Weiterbildung der Erfindung wird der Luftstromsensor 1 durch kurzzeitigen Betrieb bei stark erhöhter Temperatur von Verunreinigungen befreit. Während dieser Zeit wird der Lüfter 14 abgeschaltet, um jegliche Abkühlung zu vermeiden. Die ganze Heizleistung wird verwendet um die am Luftstromsensor 1 haftenden Schmutzpartikel zu verbrennen bzw. zu lösen. Es findet in dieser Zeit keine Luftstromauswertung statt. Die Reinigung erfolgt entweder automatisch in regelmäßigen Abständen oder manuell gesteuert. Durch diese Reinigung wird erreicht, dass die Sensibilität des Luftstromsensors 1 auch bei längerem Betrieb nicht durch Anlagerung von Schmutzpartikeln reduziert wird.

- 20 -

Bezugszeichen

5	1	Luftstromsensor
	2	Temperatursensor
	3	Regelkreis
	4	Mikroprozessor
	5	AD-Wandler
10	6	Filter
	7	Auswerteeinheit
	8	Detektor
	9	Lufteintrittskanal
	10	Gassensor bzw. Rauchsensor
15	11	Gassensor bzw. Rauchsensor
	12	Zielraum
	13	Ansaugrohrsystem
	14	Lüfter
20	15	Servoverstärker
	16	Widerstand
	17	Potentiometer
	18	Hitzdrahtsonde
	19	Spannungsquelle

07. Oktober 2002
R/WAS-081-DE

Anmelder
Wagner Alarm- und Sicherungssysteme...
Schleswigstraße 5
D-30853 Langenhagen

RU/RU/TR

Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen sowie
Verfahren zum Betrieb einer solchen Vorrichtung

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen, insbesondere der Temperatur, der Strömungsgeschwindigkeit, des Strömungswiderstandes und dessen Änderung, in einem zu überwachenden Fluidstrom, insbesondere in Rauch- und Gasansaugmeldern, mit einem thermoelektrischen und im Konstant-Temperatur-Modus betriebenen Luftstromsensor (1), einem thermoelektrischen Temperatursensor (2) und einem Regelkreis (3) zum Einstellen einer Übertemperatur ΔT am Luftstromsensor (1),
dadurch gekennzeichnet, daß
der Regelkreis (3) einen in einem Mikroprozessor (4) implementierten Regelalgorithmus enthält, über den die Übertemperatur ΔT am Luftstromsensor (1) konstant gehalten wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Mikroprozessor (4) ferner einen Auswertalgorithmus zum Berechnen von Strömungsgrößen anhand der elektrischen Heizleistung P des Luftstromsensors (1) umfasst, insbesondere zum Berechnen des Massenflusses N , der Strömungsgeschwindigkeit U , des Strömungswiderstandes eines Ansaugrohrsystems (13) und der Temperatur T des Fluidstromes.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß
5 der Auswertealgorithmus die Kompensation einer
Temperatur- und/oder druckabhängigen Dichteänderung des
Fluidstromes einschließt.
- 10 4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Mikroprozessor (4) einen Speicher zum Speichern von
Anfangswerten der Strömungsgrößen zum Berechnen von Zu-
standsänderungen der Strömungsgrößen im Auswertealgorithmus
enthält.
- 15 5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Auswertealgorithmus das Erkennen von kleinen sprung-
haften Strömungsänderungen, insbesondere Volumenstromänder-
20 rungen, des Fluidstromes einschließt.
- 25 6. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung nach einem der
vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Luftstromsensor (1) kurzzeitig auf einen Temperatur-
spitzenwert erhöht wird.
- 30 7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Temperatur 500°C beträgt.
8. Verfahren zur Bestimmung von Strömungsgrößen, insbesondere
der Temperatur T, der Strömungsgeschwindigkeit U und deren
Änderung ΔU , in einem zu überwachenden Fluidstrom, insbe-

sondere in Rauch- und Gasansaugmeldern, mit folgenden Verfahrensschritten:

- 5 a) Bestimmen der Fluidtemperatur T mittels eines thermoelektrischen Temperatursensors (2);
 - 10 b) Regelung der an einem thermoelektrischen und im Konstant-Temperatur-Modus betriebenen Luftstromsensor (1) eingestellten konstanten Übertemperatur ΔT in Abhängigkeit der Fluidtemperatur T ;
 - 15 c) Bestimmen der von dem thermoelektrischen Luftstromsensor (1) abgeführten Wärmemenge; und
 - 20 d) Berechnen von Strömungsgrößen, insbesondere der Temperatur, der Strömungsgeschwindigkeit, des Strömungswiderstandes und dessen Änderung, anhand der abgeführten Wärmemenge mittels eines in einem Mikroprozessor (4) implementierten Auswertealgorithmus.
9. Verfahren nach Anspruch 8 mit folgenden weiteren Verfahrensschritten nach Verfahrensschritt d):
- e) Kompensation der Temperatur- und/oder druckabhängigen Fluidichteänderung bei den unter Verfahrensschritt d) bestimmten Strömungsgrößen.
- 30 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, mit folgendem weiteren Verfahrensschritt nach Schritt e):
- 35 f) Bestimmung von zeitlichen Änderungen, insbesondere von kleinen sprunghaften Volumenstromänderungen, der unter Punkt d) bestimmten Strömungsgrößen.

11. Aspirative Branderkennungs- und/oder Sauerstoffmessvorrichtung, die einem zu überwachenden Raum oder Gerät (12) ständig Raum- oder Gerätekühlluftproben entnimmt und über ein Rohrleitungssystem (13) einem Detektor (8) zum Erkennen einer Brandkenngroße und/oder anderen Gasen, insbesondere Sauerstoff, zuführt,
gekennzeichnet durch
eine Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4.
12. Aspirative Branderkennungs- und/oder Sauerstoffmessvorrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Luftstromsensor (1) und/oder der Temperatursensor (2) in dem Detektor (8), insbesondere mittig im Lufteintrittskanal (9) des Detektors (8), integriert sind.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Luftstromsensor (1) an einer im Querschnitt verengten Position im Lufteintrittskanal (9) des Detektors (8) angeordnet ist.

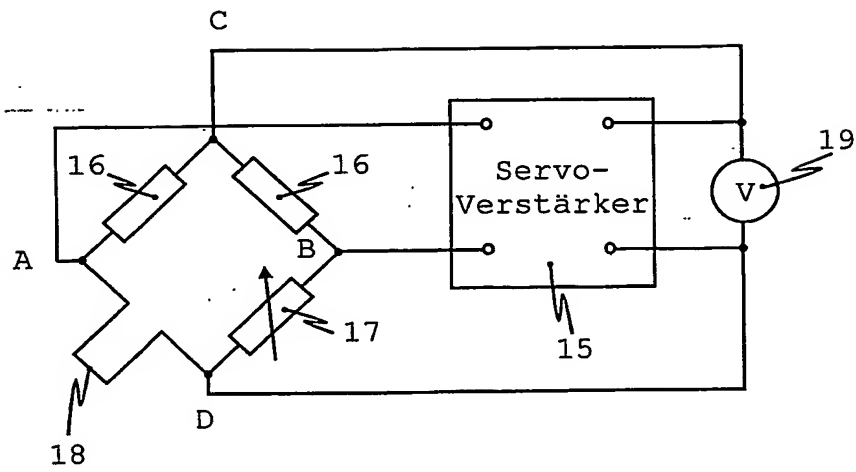


Fig. 1

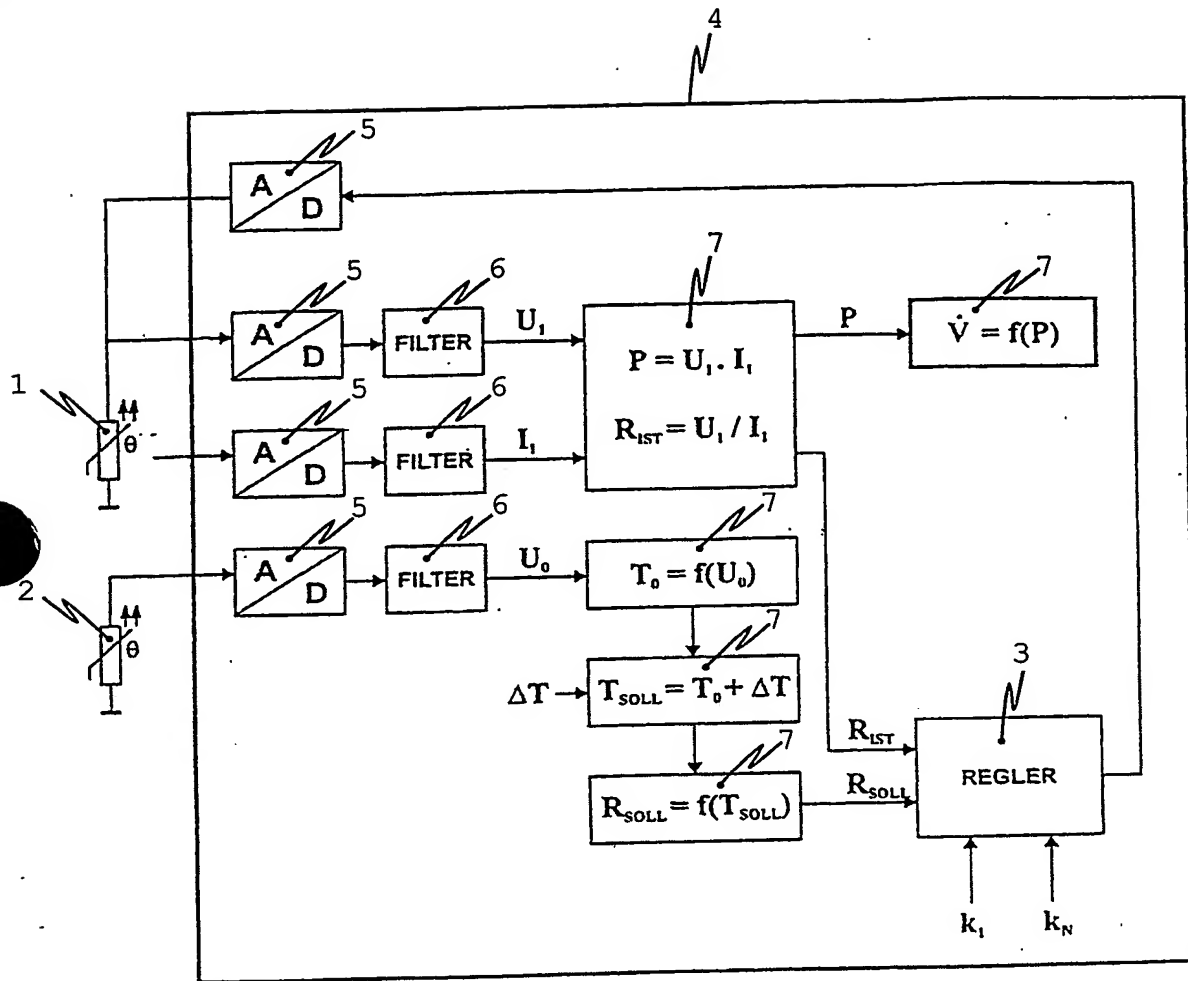


Fig. 2

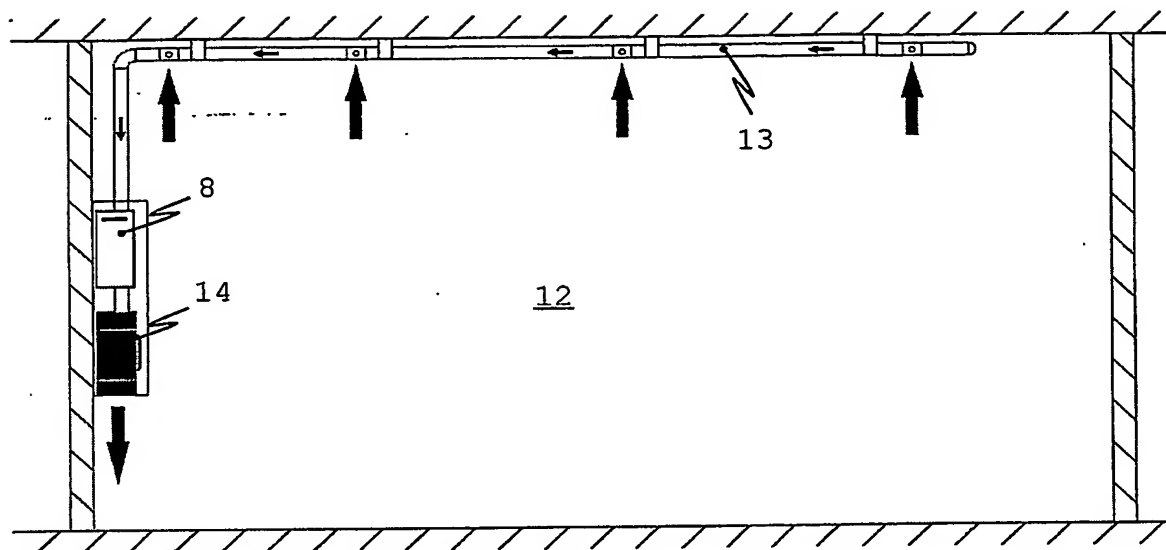


Fig. 3

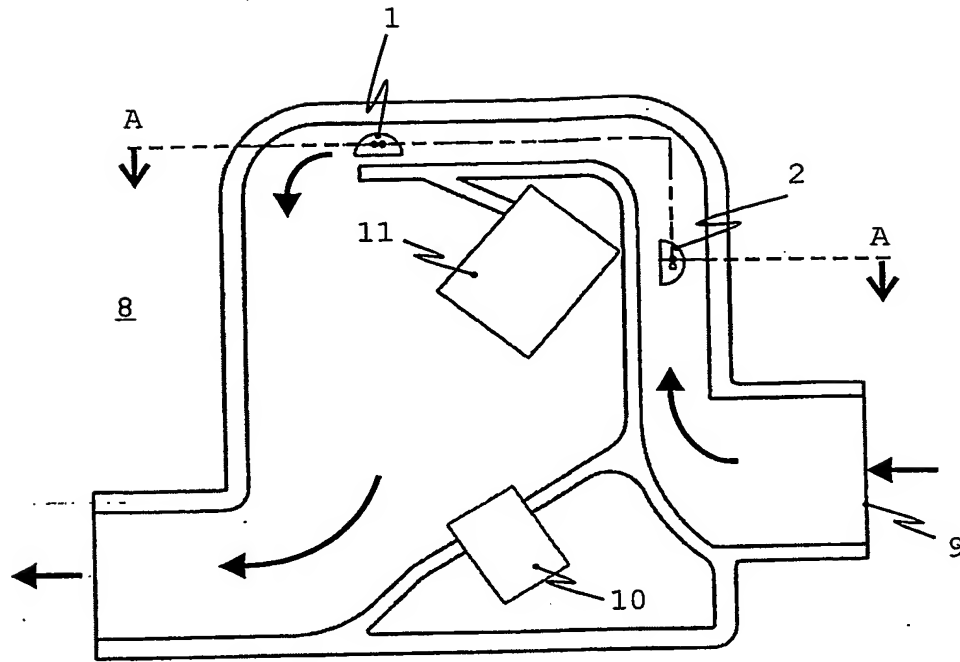


Fig. 4a

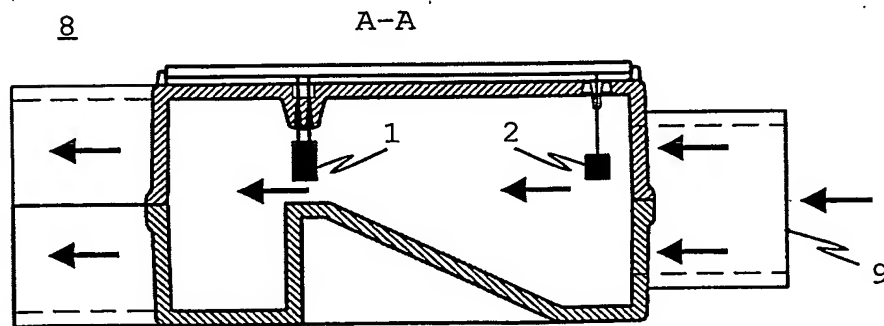


Fig. 4b

WAGNER
Alarm- und Sicherungssysteme GmbH
Schleswigstraße 5
D-30853 Langenhagen

07. Oktober 2002

R/WAS-081-DE
RU/RU/TR

Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen sowie
Verfahren zum Betrieb einer solchen Vorrichtung

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung von Strömungsgrößen, insbesondere der Temperatur, der Strömungsgeschwindigkeit und dessen Änderung, in einem zu überwachenden Fluidstrom, ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Vorrichtung, ein Bestimmungsverfahren selbst und eine mit einer solchen Vorrichtung ausgerüsteten Branderkennungs- oder Sauerstoffmessvorrichtung. Mit dem Ziel langsame oder plötzliche Verstopfungen, Risse oder Bruch eines Rohrsystems (13) einer aspirativen Branderkennungs- oder Sauerstoffmessvorrichtung messtechnisch zu erfassen, wird ein mit konstanter Übertemperatur betriebener Luftstromsensor (1) mit einem in einem Mikroprozessor (4) implementierten Regelalgorithmus kombiniert, um den Fluidstrom bzw. den Strömungswiderstand in dem Rohrleitungssystem (13) zu überwachen. Hierdurch kann der Sollwiderstand des Luftstromsensors (1) nach exakter Sensorkennlinie berechnet und ein genauer Regelkreis (3) gebildet werden. Die vom Luftstromsensor (1) erfaßten Meßwerte sind somit äußerst zuverlässig, so daß Zustandsänderungen der Strömungsgrößen Auskunft über den Zustand des Rohrleitungssystems (13) bzw. des Ansaugsystems liefern.

(Fig. 2)

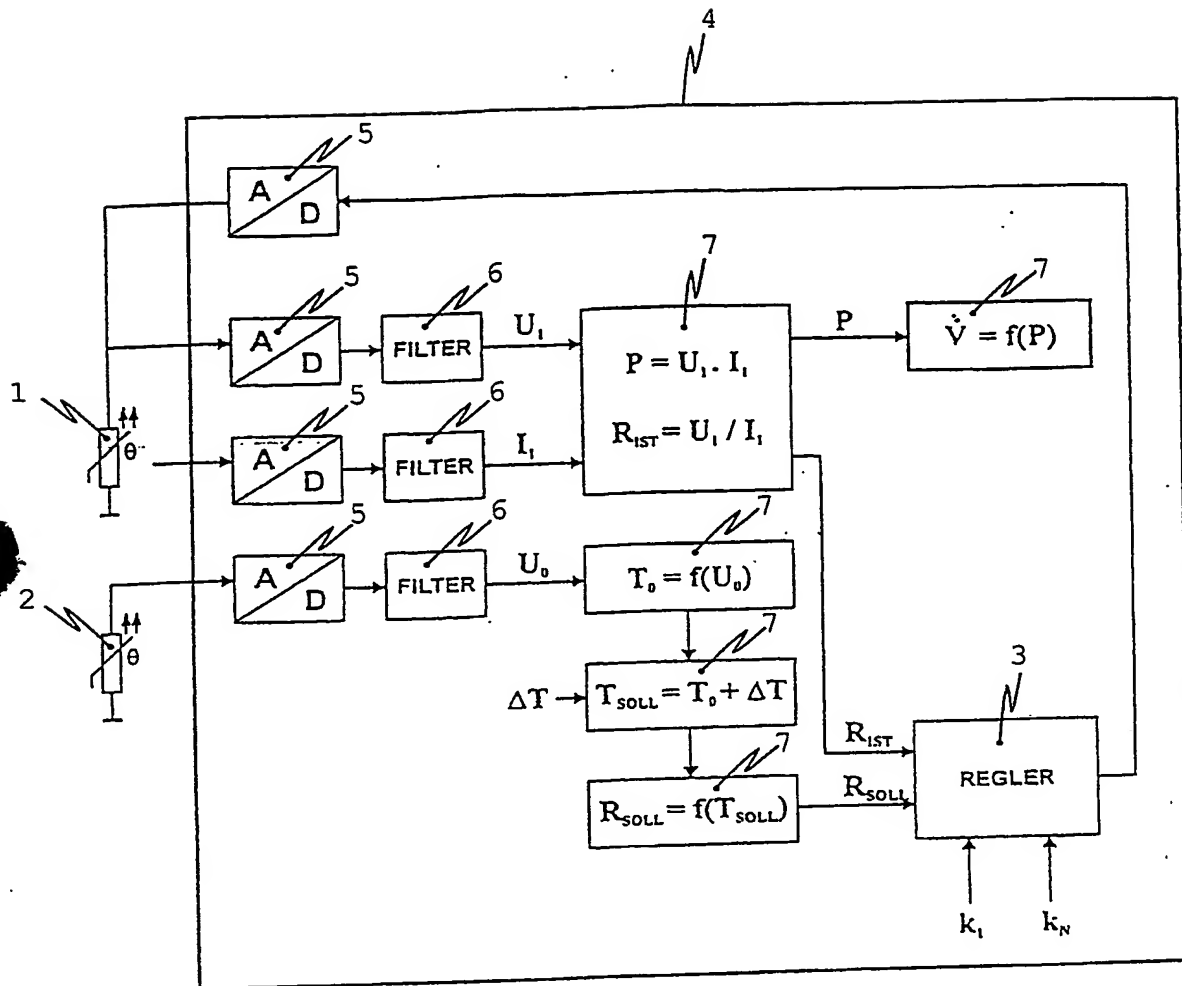


Fig. 2